

# KARAKTERISASI SPEKTROFOTOMETRI I R DAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (S E M) SENSOR GAS DARI BAHAN POLIMER POLY ETHELYN GLYCOL (P E G)

Budi Gunawan<sup>1</sup>, Citra Dewi Azhari<sup>2</sup>

## ABSTRACT

*In this research, observation toward some polymers such as polyethylene glycol (PEG), silicon, and squalane used as polymer carbon composite functioning as gas sensor has been done these polymer carbon composite was synthesized with combination of polymer and carbon in suitable solvent. Polar polymer was dissolved in aquademin while non polar polymer was dissolved in chloroform. The synthesized polymer carbon composite was characterized using multi-meter, spectrophotometer IR and Scanning Electron Microscopy (SEM). Polymer can made as gas sensor, if it is have change resistivity and conductivity at before and after increasing ethanol 90% steam. The bigger the conductivity of polymer carbon composite (before increasing ethanol 90% steam), the better the polymer carbon composite. In this research, polymer with the greatest conductivity (0.082 mho) is PEG 6000 before addition of ethanol 90%.*

**Keywords :** polymer, polymer carbon composite, gas sensor, polietilen glikol (PEG), carbon.

## ABSTRACT

*Dalam penelitian ini, pengamatan terhadap beberapa polimer seperti polyethylene glycol (PEG), silikon, dan squalane digunakan sebagai polimer karbon komposit berfungsi sebagai sensor gas yang telah dilakukan ini polimer karbon komposit disintesis dengan kombinasi polimer dan karbon dalam pelarut yang sesuai. Polar polimer dilarutkan dalam aquademin sedangkan polimer non polar dilarutkan dalam kloroform. Komposit polimer karbon disintesis dikarakterisasi menggunakan multi-meter, spektrofotometer IR dan Mikroskop Elektron (SEM). Polimer dapat ditandai sebagai sensor gas, jika sudah memiliki perubahan resistivitas dan konduktivitas pada sebelum dan setelah peningkatan uap etanol 90%. Semakin besar konduktivitas polimer komposit karbon (sebelum meningkatkan uap etanol 90%), semakin baik polimer karbon komposit. Dalam penelitian ini, polimer dengan konduktivitas terbesar (0,082 mho) adalah PEG 6000 sebelum penambahan etanol 90%.*

**Kata kunci:** polimer, komposit polimer karbon, sensor gas, polietilen glikol (PEG), karbon

## PENDAHULUAN

Salah satu pengembangan bahan polimer pada saat ini adalah komposit polimer-karbon. Komposit polimer-karbon merupakan bahan polimer yang didoping dengan bahan tertentu sehingga bersifat konduktor. Karena sifat konduktifitas elektronik menjadikannya suatu zat

<sup>1</sup> Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA ITS Surabaya

yang berbeda dengan polimer pada umumnya. Bahan polimer mempunyai ikatan kovalen yang kuat sehingga elektron pada pita terluar sulit untuk lepas, oleh karena itu polimer pada umumnya tidak mempunyai sifat konduktifitas, tetapi dengan perlakuan doping zat tertentu polimer bisa menjadi konduktif.

Komposit polimer-karbon pada bidang elektronik mempunyai dua kegunaan, yang pertama sebagai material untuk pembuatan beberapa alat/instrumen dan yang kedua sebagai bahan sensor gas. Sensor sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Sebagai bahan sensor gas komposit polimer-karbon digunakan sebagai input atau masukan utama bagi suatu sistem instrumentasi elektronik dimana sensor berfungsi sebagai indra atau peraba untuk membaca besaran atau variabel dari luar . Penggunaan komposit polimer-karbon sebagai sensor gas mempunyai keuntungan diantaranya: sensitivitas yang tinggi dan respon waktu yang pendek pada suhu ruang, portabilitas dan ekonomis.

Dewasa ini industri-industri baik makanan, minuman, dan lain-lain menggunakan sistem sensor gas untuk membantu dalam proses produksi agar menghasilkan produk yang baik, misalnya dalam mendeteksi kematangan buah pear atau apel. Disini sistem sensor gas digunakan untuk mendeteksi gas etilen yang dikeluarkan oleh buah pear atau apel. Sistem sensor gas juga digunakan untuk mengklasifikasikan jenis madu dan juga wilayah geografi madu itu berasal.

Dalam bidang biomedis, sistem sensor gas digunakan untuk mendeteksi kanker paru-paru dengan menganalisa *volatile organic compound* (VOC) yang dikeluarkan saat manusia bernafas, bahan VOC terdiri dari turunan benzena dan turunan alkana.

Polusi udara dewasa ini memang sangat memprihatinkan terutama di kota-kota industri, dimana gas buang dari industri sangat bermacam-macam salah satunya adalah gas amoniak, yang merupakan gas dengan kadar racun yang tinggi. Oleh karena itu sensor untuk mendeteksi gas amoniak dibutuhkan untuk memonitoring tingkat konsentrasi dalam industri kimia, baik itu dalam produksi pakan ternak dan produksi pupuk dimana gas amoniak digunakan atau dihasilkan.

Sensor gas yang dibuat dari bahan komposit polimer-karbon ini mempunyai sifat selektifitas yang tinggi terhadap jenis gas tertentu, dalam arti jika dipakai untuk mensensor suatu jenis gas tertentu yang belum diketahui jenisnya, maka akan membutuhkan sensor dalam jumlah yang banyak. Untuk mengatasi hal tersebut, para peneliti mencoba melakukan pendekatan alternatif dengan meniru prinsip kerja sistim penciuman mamalia. Pada pendekatan ini, sistim identifikasi jenis gas menggunakan sebuah deret sensor yang terdiri

sejumlah elemen sensor dengan setiap elemen sensornya mempunyai tanggapan terhadap jenis gas tertentu.

Dengan melihat beberapa kegunaan dari komposit polimer-karbon di atas, maka dalam penelitian ini akan dibuat komposit polimer-karbon yang dapat digunakan sebagai sensor gas. Komposit polimer-karbon yang dipakai sebagai bahan sensor ini mempunyai karakteristik yang berbeda-beda tergantung dari jenis polimer yang dipakai. Dalam penelitian ini digunakan polimer poli etilen glikol (PEG) 6000, PEG 1540, PEG 20, dan PEG 200 karena bahan-bahan tersebut jenis polimer yang biasa dipakai sebagai bahan sensor gas. Selain itu, bahan-bahan tersebut mempunyai nilai konduktivitas dan sensitivitas yang berbeda untuk setiap gas senyawa organik volatil. Semakin besar nilai konduktivitas (pada penelitian ini sebelum penambahan uap etanol 90%), maka semakin baik bila digunakan untuk komposit polimer-karbon. Komposit polimer karbon tersebut akan mengalami efek '*swelling*' atau efek mengembang jika terkena gas.

Gas yang digunakan dalam penelitian ini adalah etanol 90%. Dengan efek mengembang ini memungkinkan perubahan luas permukaan komposit polimer-karbon jika terkena gas. Perubahan luas permukaan ini mempengaruhi perubahan resistansi dari konduktif polimer sehingga dengan perubahan resistansi ini bisa mempengaruhi juga nilai konduktivitas polimer yang merupakan kebalikan dari resistivitasnya. Pengujian karakteristik yang akan dilakukan adalah analisa kualitatif dengan metode *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk memonitor morfologi permukaan PEG 6000, PEG 1540, PEG 20, PEG 200, silikon, dan squalane serta spektrofotometri IR untuk karakterisasi gugus fungsi polimer tersebut.

## **KAJIAN PUSTAKA**

### **Tinjauan Umum Tentang Polimer**

Polimer didefinisikan sebagai makromolekul yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana yang setara dengan monomer, yaitu bahan pembuat polimer. Akibatnya, molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Hal inilah yang menyebabkan polimer memperlihatkan sifat sangat berbeda dari molekul-molekul biasa meskipun susunan molekulnya sama. Proses pembentukan polimer dari monomernya disebut dengan polimerisasi. Polimerisasi tersebut akan menghasilkan polimer dengan jumlah susunan ulang yang tertentu. Jumlah susunan ulang pada hasil proses polimerisasi dikenal sebagai derajat polimerisasi (Cowd, 1991).

### **Sifat Kelistrikan Polimer**

Polimer memiliki resistensi tinggi, sehingga kebanyakan digunakan sebagai isolator. Tetapi resistansi ini memiliki batas tertentu dimana permukaan polimer akan berubah menjadi karbon dan menghantarkan arus listrik jika terkena muatan listrik yang berlebihan.

Selain itu, telah ditemukan sifat elektrik yang tidak lazim dari polimer mengenai konduktivitas, penyimpanan muatan dan transfer energi. Salah satu dari sifat yang tidak lazim ini adalah fenomena perubahan energi panas dan energi getaran menjadi energi listrik. Perubahan energi panas menjadi energi listrik dan sebaliknya dilakukan oleh *piezoelectric*. Saat ini, *piezoelectric* telah dikembangkan menjadi produk mikrofon dan *loudspeaker* (Buchler, 1997).

### **Komposit Polimer-Karbon**

Polimer merupakan molekul dasar yang terdiri dari sejumlah besar satuan molekul sederhana yang tersusun secara berulang. Walaupun semula teknologi polimer berkembang terlambat, tetapi saat ini polimer termasuk salah satu materi berteknologi tinggi yang sedang giat dikembangkan. Perkembangan polimer paling menonjol adalah setelah ditemukan komposit polimer-karbon. Material jenis baru yang bersifat konduktif ini dapat disebut gabungan sifat-sifat elektrik dan optik semikonduktor anorganik dengan polimer yang memiliki kelenturan mekanis.

Tidak semua polimer dapat menjadi konduktif. Hanya polimer terkonjugasi yang bisa menjadi konduktor (ikatan pada rantai berupa ikatan tunggal dan rangkap yang berposisi berselang-seling). Contoh polimer ini adalah poliasetilen, polianilin, polythiophene, polyphenylene, polyparaphenylenevynilene, dll. Beberapa atom / molekul dopant adalah  $\text{IF}_6$ ,  $\text{AsF}_3$ ,  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Dopant tidak harus berupa atom konduktor. Banyak cara melakukan doping pada material tersebut seperti direndam dalam larutan yang mengandung atom / molekul doping, elektrokimia, diletakkan dalam uap atom dopant. Dengan melakukan doping pada level tertentu (kurang dari 10% atom doping per jumlah monomer dalam polimer), konduktivitas dapat meningkat dengan drastis

Peranan atom / molekul doping adalah menghasilkan cacat dalam rantai polimer tersebut (cacat struktur). Cacat inilah yang berperan dalam penghantaran listrik. Cacat dapat bermuatan positif, negative, atau netral. Secara fisika kuantum, cacat berperilaku seolah-olah sebagai partikel. 3 jenis cacat yang dapat muncul, yang dinamai soliton, polaron, dan bipolaron. Cacat dapat berpindah sepanjang rantai, sehingga menimbulkan aliran muatan. Elektron atau hole juga dapat meloncat dari satu posisi cacat ke posisi cacat yang lain (cacat tidak berpindah), sehingga timbul pula aliran listrik. Jumlah cacat bertambah dengan

penambahan jumlah atom dopan yang terlalu banyak dapat menurunkan sifat mekanik polimer.

### **Sensor Kimia**

Sensor kimia dibuat dari campuran polimer dengan bubuk carbon black. Polimer adalah bahan dengan resistansi tinggi. Oleh karena itu, polimer berfungsi sebagai matriks yang bersifat konduktif. Saat campuran dipapar dengan uap bahan kimia, maka uap bahan kimia akan mengenai permukaan polimer dan berdifusi ke campuran bahan polimer dengan carbon black dan menyebabkan ukuran permukaan polimer bertambah luas. Karena telah dicampur dengan carbon black yang bersifat konduktif, maka area penyebaran carbon black semakin luas dan jarak antar butiran carbon black semakin besar. Hal ini akan menyebabkan penambahan resistansi campuran bahan polimer dengan carbon black. Penambahan resistansi akan sebanding dengan persamaan:

$$\Delta R = \frac{\rho \cdot \Delta l}{A}$$

Setelah diketahui nilai resistansinya, maka dapat dihitung pula nilai konduktivitasnya dengan rumus:

$$G = \frac{1}{R}$$

Sensor kimia mampu merespon rangsangan yang berasal dari berbagai senyawa kimia atau reaksi kimia. Sensor kimia dapat digunakan dalam beberapa bidang seperti monitoring emisi polutan untuk mendeteksi ledakan. Sensor ini juga digunakan untuk mengkarakterisasi sample gas dari percobaan di laboratorium dan untuk mengetahui pergerakan senyawa kimia berbahaya di dalam tanah. Dalam industri kimia, sensor kimia digunakan untuk proses dan kontrol kualitas selama produksi plastik dan produksi pengecoran logam dimana sejumlah gas berdifusi mempengaruhi karakteristik logam misalnya kerapuhan. Sensor kimia juga digunakan monitoring lingkungan untuk mengontrol ambang batas terhadap kesehatan. Di dunia obat-obatan sensor kimia digunakan untuk menentukan kesehatan pasien dengan monitoring oksigen dan pertukaran kandungan gas dalam jantung dan darah. Sensor kimia memiliki dua karakteristik yang unik yaitu selektivitas yang berkaitan dengan target yang hanya diinginkan, dengan sedikit atau tidak ada campur tangan spesies lain yang bukan target. Sensitivitas berkaitan dengan minimal konsentrasi dan perubahan konsentrasi yang dapat dengan mudah ditangkap oleh peralatan (Fraden, 2003).

### **Karakterisasi Polimer**

Mempelajari sifat dan karakterisasi suatu bahan menjadi salah satu hal yang mutlak dalam pengembangan material-material baru. Pada sub bab ini akan dijelaskan beberapa metode karakterisasi bahan polimer yang digunakan pada penelitian ini, yaitu analisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR), serta analisis morfologi permukaan polimer dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

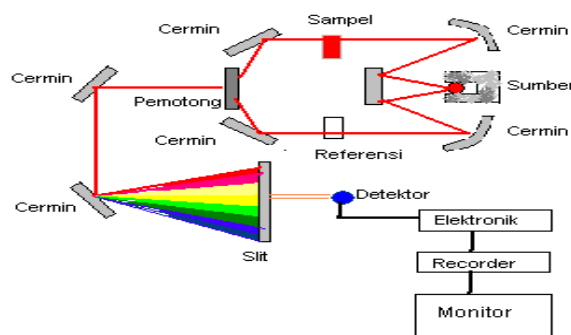
### **Analisis Fourier Transform Infrared (FT-IR)**

Jumlah energi yang diperlukan untuk meregangkan suatu ikatan tergantung pada tegangan ikatan dan massa atom yang terikat. Bilangan gelombang suatu serapan dapat dihitung menggunakan persamaan yang diturunkan dari Hukum Hooke.

$$\nu = \frac{1}{2\pi c} \left[ \frac{f(m_1 + m_2)}{m_1 m_2} \right]^{1/2}$$

Persamaan di atas menghubungkan bilangan gelombang dari vibrasi regangan ( $\nu$ ) terhadap konstanta gaya ikatan ( $f$ ) dan massa atom (dalam gram) yang digabungkan oleh ikatan ( $m_1$  dan  $m_2$ ). Konstanta gaya merupakan ukuran tegangan dari suatu ikatan. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa ikatan yang lebih kuat dan atom yang lebih ringan menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi. Semakin kuat suatu ikatan, makin besar energi yang dibutuhkan untuk meregangkan ikatan tersebut. Frekuensi vibrasi berbanding terbalik dengan massa atom sehingga vibrasi atom yang lebih berat terjadi pada frekuensi yang lebih rendah (Bruce, 2001).

Pancaran infra merah pada umumnya mengacu pada bagian spektrum elektromagnetik yang terletak di antara daerah tampak dan daerah gelombang mikro. Sebagian besar kegunaannya terbatas di daerah antara  $4000 \text{ cm}^{-1}$  dan  $666 \text{ cm}^{-1}$  ( $2,5\text{-}15,0 \text{ }\mu\text{m}$ ). Akhir-akhir ini muncul perhatian pada daerah infra merah dekat,  $14.290\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$  ( $0,7\text{-}2,5 \text{ }\mu\text{m}$ ) dan daerah infra merah jauh,  $700\text{-}200 \text{ cm}^{-1}$  ( $14,3\text{-}50 \text{ }\mu\text{m}$ ) (Silverstain, 1967).



Gambar 1 Skema IR

Salah satu hasil kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Teknik ini memberikan informasi dalam hal kimia, seperti struktur dan konformasional pada polimer dan polipaduan, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui infra merah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Kroschwitz, 1990).

Teknik pengoperasian FTIR berbeda dengan spektrofotometer infra merah. Pada FTIR digunakan suatu interferometer Michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak di depan monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram (Bassler, 1986).

Interferogram juga memberikan informasi yang berdasarkan pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital dalam komputer dan ditransformasikan sebagai domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferogram yang lengkap (*fourier transform*). Kemudian sinyal itu diubah menjadi spektrum IR sederhana. Spektroskopi FTIR digunakan untuk:

1. Mendeteksi sinyal lemah
2. Menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah
3. Analisis getaran (Silverstain, 1967).

### **Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM)**

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dengan resolusi tinggi. Analisis SEM bermanfaat untuk mengetahui mikrostruktur (termasuk porositas dan bentuk

retakan) benda padat. Berkas sinar elektron dihasilkan dari filamen yang dipanaskan, disebut *electron gun*.

Sebuah ruang vakum diperlukan untuk preparasi cuplikan. Cara kerja SEM adalah gelombang elektron yang dipancarkan *electron gun* terkondensasi di lensa kondensor dan terfokus sebagai titik yang jelas oleh lensa objektif. *Scanning coil* yang diberi energi menyediakan medan magnetik bagi sinar elektron. Berkas sinar elektron yang mengenai cuplikan menghasilkan elektron sekunder dan kemudian dikumpulkan oleh detektor sekunder atau detektor *backscatter*. Gambar yang dihasilkan terdiri dari ribuan titik berbagai intensitas di permukaan *Cathode Ray Tube* (CRT) sebagai topografi Gambar. (Kroschwitz, 1990). Pada sistem ini berkas elektron dikonsentrasikan pada spesimen, bayangannya diperbesar dengan lensa objektif dan diproyeksikan pada layar (Gabriel, 1993).

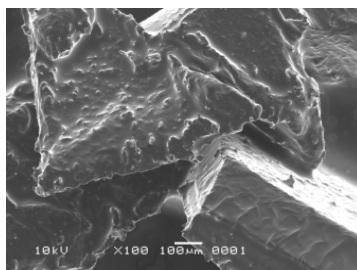
Cuplikan yang akan dianalisis dalam kolom SEM perlu dipersiapkan dahulu, walaupun telah ada jenis SEM yang tidak memerlukan penyepuhan (*coating*) cuplikan. Terdapat tiga tahap persiapan cuplikan, antara lain (Gedde, 1995):

1. Pelet dipotong menggunakan gergaji intan. Seluruh kandungan air, larutan dan semua benda yang dapat menguap apabila divakum, dibersihkan.
2. Cuplikan dikeringkan pada 60°C minimal 1 jam.
3. Cuplikan non logam harus dilapisi dengan emas tipis. Cuplikan logam dapat langsung dimasukkan dalam ruang cuplikan.

Sistem penyorotan dan lensa pada SEM sama dengan mikroskop cahaya biasa. Pada pengamatan yang menggunakan SEM lapisan cuplikan harus bersifat konduktif agar dapat memantulkan berkas elektron dan mengalirkannya ke *ground*. Bila lapisan cuplikan tidak bersifat konduktif maka perlu dilapisi dengan emas.

Pada pembentukan lapisan konduktif, spesimen yang akan dilapisi diletakkan pada tempat sampel di sekeliling anoda. Ruang dalam tabung kaca dibuat mempunyai suhu rendah dengan memasang tutup kaca rapat dan gas yang ada dalam tabung dipompa keluar. Antara katoda dan anoda dipasang tegangan 1,2 kV sehingga terjadi ionisasi udara yang bertekanan rendah. Elektron bergerak menuju anoda dan ion positif dengan energi yang tinggi bergerak menumbuk katoda emas. Hal ini menyebabkan partikel emas menghambur dan mengendap di permukaan spesimen. Pelapisan ini dilakukan selama 4 menit. Contoh analisa SEM seperti ditunjukkan pada Gambar 3 yang memperlihatkan morfologi permukaan untuk sampel polipaduan (PET+PEG)





Gambar 2 Hasil analisis SEM dari polipaduan (Gabriel, 1993).

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan adalah metode experimental dengan membuat sensor polimer dilaboratorium yang kemudian dilakukan pengujian karakteristik. Pengujian karakteristik yang akan dilakukan adalah analisa kualitatif dengan metode *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk memonitor morfologi permukaan PEG 6000, PEG 1540, PEG 20, PEG 200, serta spektrofotometri IR untuk karakterisasi gugus fungsi polimer tersebut. Adapun langkah-langkah eksperimen dijelaskan sebagai berikut:

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beaker glass, botol timbang, kaca arloji, spatula, aluminium foil, pipet tetes, botol semprot, neraca analitik, board, multimeter, *Scanning Electron Microscope* (SEM) tipe JSM 35C, dan Buck Scientific Model 500 Infrared Spectrophotometer

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah karbon aktif p.a, solum lauril sulfat (SLS) p.a, poli etilen glikol (PEG) 6000 teknis, PEG 1540 teknis, PEG 20 teknis, PEG 200 teknis, silikon DC-200 teknis, squalene p.a, aquademin, dan kloroform p.a, dan etanol 90% teknis.

### Prosedur Kerja

#### Uji Perbandingan Komposisi PEG : Karbon : SLS

PEG 6000, karbon aktif, dan SLS dicampur dalam beaker gelas dengan perbandingan variasi komposisinya ditunjukkan pada Tabel 3.1. Campuran tersebut ditambahkan aquademin tetes demi tetes hingga membentuk gel. Gel tersebut dilapiskan pada board yang akan digunakan sebagai sensor gas. Board tersebut dimasukkan ke dalam oven selama 2 jam dengan suhu 40°C. Board dikeluarkan dari oven dan diletakkan dalam desikator selama 24 jam. Diukur konduktivitas dari ketiga komposisi tersebut, mana yang lebih besar nilai

konduktivitasnya (sebelum penambahan uap etanol 90%), maka komposisi tersebut dijadikan untuk perbandingan komposisi komposit polimer-karbon.

Komposisi	PEG 6000 (gr)	Karbon aktif (gr)	SLS (gr)
I	1	1	0,001
II	1	2	0,001
III	2	1	0,001

Tabel 1 Perbandingan variasi komposisi PEG 6000 : karbon aktif : SLS

### **Pembuatan Komposit Polimer-Karbon dari PEG 6000, PEG 1540, PEG 20, dan PEG 200**

Setelah diketahui perbandingan komposisi yang cocok antara PEG : karbon aktif : SLS yaitu sebesar 1 : 1 : 0,001, maka PEG 6000, karbon aktif dan sodium lauril sulfat (SLS) ditimbang dengan perbandingan komposisi tersebut, lalu dicampurkan dalam beaker gelas. Campuran tersebut ditambahkan aquademin tetes demi tetes hingga membentuk gel. Gel tersebut dilapiskan pada board yang akan digunakan sebagai sensor gas. Lalu board tersebut dimasukkan ke dalam oven selama 2 jam dengan suhu 40<sup>0</sup>C. Setelah itu board dikeluarkan dari oven dan diletakkan dalam desikator selama 24 jam. Langkah di atas diulangi untuk PEG 1540, PEG 20, dan PEG 200.

### **Analisis Konduktivitas**

Komposit polimer-karbon dari PEG 6000, PEG 1540, PEG 20, PEG 200, silikon DC-200, dan squalane diukur nilai resistansinya dengan menggunakan multimeter. Kemudian dihitung konduktivitasnya baik sebelum dan setelah penambahan uap etanol 90%.

### **Analisis Spektrofotometer IR**

Setelah diketahui nilai konduktivitas dari masing-masing komposit polimer-karbon tersebut, maka didapatkan nilai konduktivitas yang paling besar (sebelum penambahan uap etanol 90%) yaitu pada komposit polimer-karbon PEG 6000. Oleh karena itu pada komposit polimer-karbon PEG 6000 dilakukan analisa sebelum dan setelah penambahan etanol 90% dengan menggunakan spektrofotometer IR. Analisa spektrofotometer IR dilakukan untuk melihat gugus yang terkandung dalam komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum dan setelah penambahan etanol 90%. Alat yang digunakan adalah *Buck Scientific Model 500 Infrared Spectrophotometer*. Pengujian ini dilakukan pada bilangan gelombang 400– 4000 cm-1.

### **Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)**

Struktur morfologi permukaan diamati dengan alat *Scanning Electron Microscopy* tipe JSM 35C. Analisis morfologi permukaan dilakukan pada sampel komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum dan setelah penambahan uap etanol 90% yang telah dilekatkan pada board sensor gas dengan beberapa kali pembesaran.

## HASIL PENELITIAN

### Analisis Konduktivitas

Setelah terbentuk komposit polimer-karbon yang dibuat dari PEG 6000, PEG 1540, PEG 20, PEG 200, silikon DC-200, dan squalane, maka komposit polimer-karbon tersebut diuji sebagai sensor gas. Gas yang digunakan untuk menguji adalah uap etanol 90%, karena etanol 90% merupakan senyawa organik volatil. Mula-mula komposit polimer-karbon yang dilekatkan pada board dihubungkan pada multimeter, kemudian diukur resistansinya sebelum penambahan uap etanol 90% dan setelah penambahan uap etanol 90%. Cara pemberian uap etanol 90% yaitu dengan melekatkan komposit polimer-karbon pada mulut botol yang berisi etanol 90%. Karena etanol 90% bersifat volatil, maka uap etanol akan menguap dan tertangkap oleh komposit polimer-karbon tersebut, sehingga bisa dihitung nilai resistansinya dengan multimeter. Setelah nilai resistansi didapatkan, maka dihitung nilai konduktivitasnya. Hasil resistansi dan konduktivitas komposit polimer-karbon ditunjukkan pada Tabel 2.

No	Sensor Komposit Polimer-Karbon	Sebelum ditambah uap etanol 90%		Setelah ditambah uap etanol 90%	
		Resistansi (k $\Omega$ )	Konduktivitas (mho)	Resistansi (k $\Omega$ )	Konduktivitas (mho)
1.	PEG 6000	12,2	0,082	24,5	0,04
2.	PEG 1540	25,2	0,04	$1,295 \times 10^6$	$7,722 \times 10^{-7}$
3.	PEG 20	12,3	0,081	15,5	0,065
4.	PEG 200	20,4	0,049	16,2	0,062
5.	Silikon DC-200	70,5	0,014	69,5	0,014
6.	Squalane	101	$9.9 \times 10^{-3}$	101,3	$9,872 \times 10^{-3}$

Tabel 2 Hasil resistansi dan konduktivitas komposit polimer-karbon

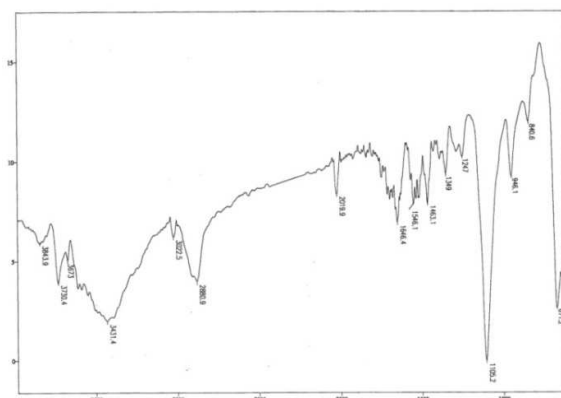
Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa hasil konduktivitas yang paling besar sebelum penambahan uap etanol 90% adalah komposit polimer-karbon dari PEG 6000 yaitu 0,082 mho, sehingga PEG 6000 dapat dikatakan jenis polimer yang paling baik di antara jenis polimer yang dipakai di atas untuk digunakan sebagai komposit polimer-karbon. Pengukuran nilai konduktivitas setelah penambahan uap etanol 90% ditujukan untuk menguji sensitivitas dari masing-masing polimer tersebut terhadap uap etanol 90%. Tiap polimer mempunyai

tingkat sensitivitas berbeda untuk gas yang berbeda pula. Dalam hal ini sensitivitas yang paling tinggi terhadap uap etanol 90% adalah PEG 20 yaitu sebesar 0,065 mho.

### Analisis Spektrofotometer IR

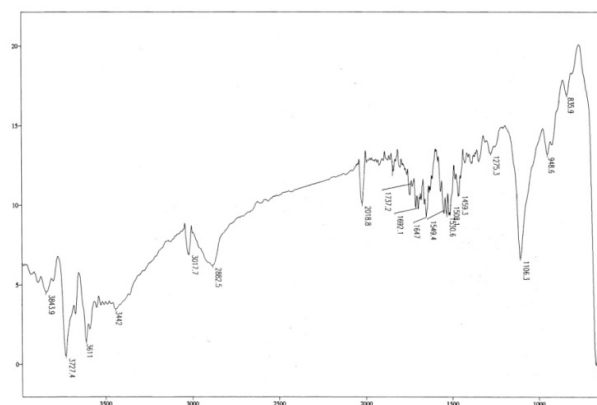
Analisis spektrofotometer IR digunakan untuk mengetahui gugus-gugus yang terbentuk dari sampel yang dihasilkan dan juga memprediksikan reaksi polimerisasi yang terjadi. Analisis ini didasarkan pada analisis dari panjang gelombang puncak-puncak karakteristik dari suatu sampel. Panjang gelombang puncak-puncak tersebut menunjukkan adanya gugus fungsi tertentu yang ada pada sampel, karena masing-masing gugus fungsi memiliki puncak karakteristik yang spesifik untuk gugus fungsi tertentu.

Berdasarkan nilai konduktivitas PEG 6000 yang paling besar, maka dalam penelitian ini dilakukan analisis spektrofotometer IR pada komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum dan setelah penambahan uap etanol 90%. Hasil spektrofotometer IR ditunjukkan pada Gb 3 dan 4



Gambar 3 Spektrogram komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum penambahan uap etanol 90%

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
3431,4	Vibrasi ulur OH dari gugus PEG
1546,1 dan 1463,1	Vibrasi ulur C=C
2880,9	Vibrasi ulur C-H alifatik dari metilen
1349 dan 1247	Vibrasi tekuk H-C-H dari metilen
840,6 dan 671,2	Deformasi C-H dari aromatik tersubstitusi
1105,2	Vibrasi ulur C-O dari ester
1546,1 dan 1349	N=O (gugus karbon aktif)
1646,4	Vibrasi ulur C=O dari ester



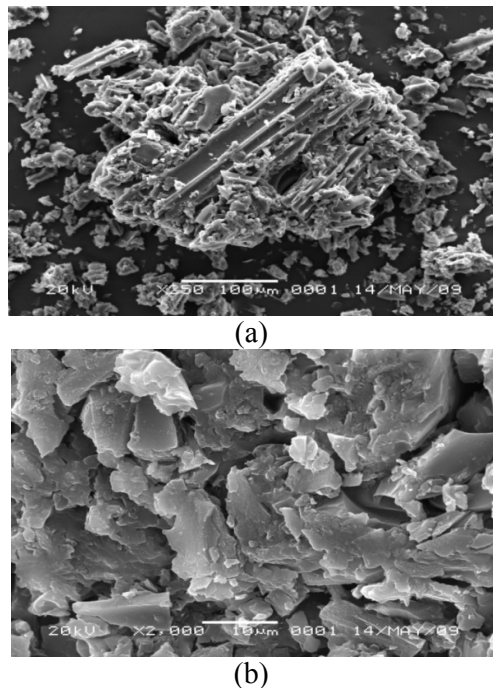
Gambar 4 Spektogram komposit polimer-karbon PEG 6000 setelah penambahan uap etanol 90%

Bilangan Gelombang (cm-1)	Gugus Fungsi
3442	Vibrasi ulur OH dari gugus PEG
1549,4 – 1459,3	Vibrasi ulur C=C
2882,5	Vibrasi ulur C-H alifatik dari metilen
1275,3	Vibrasi tekuk H-C-H dari metilen
835,9 dan 670,7	Deformasi C-H dari aromatik tersubstitusi
1106,3	Vibrasi ulur C-O dari ester
1508,1 – 1549,4	N=O (gugus karbon aktif)
1647	Vibrasi ulur C=O dari ester

Spektra IR komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum penambahan uap etanol 90% menunjukkan hasil yang hampir sama dengan spektra IR komposit polimer-karbon PEG 6000 setelah penambahan uap etanol 90%. Hal ini ditunjukkan dengan adanya pita-pita serapan pada daerah yang hampir sama terutama pada daerah pita serapan karakteristik. Namun yang membedakan antara dua spektra tersebut yaitu pada  $3431,4 \text{ cm}^{-1}$  gugus  $\text{--OH}$  yang terdapat pada komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum penambahan uap etanol 90% lebih lebar dibandingkan pada  $3442 \text{ cm}^{-1}$  gugus  $\text{--OH}$  pada komposit polimer-karbon PEG 6000 setelah penambahan uap etanol 90%. Adanya gugus  $\text{--OH}$  pada komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum penambahan etanol 90% berasal dari PEG 6000. Sedangkan gugus  $\text{--OH}$  pada komposit polimer-karbon PEG 6000 setelah penambahan etanol 90% berasal dari etanol 90%. Gugus  $\text{--OH}$  yang terdapat pada komposit polimer-karbon PEG 6000 terdesorpsi, karena adanya penambahan uap etanol 90%.

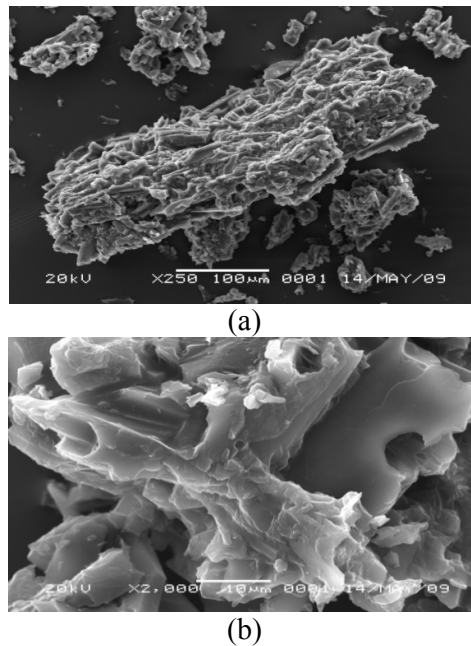
### Analisis Morfologi Permukaan (SEM)

Morfologi permukaan dari suatu sampel dapat dilihat dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Morfologi dari suatu sampel dapat dilihat dari tiga sisi, yaitu: permukaan atas, permukaan samping dan permukaan ruang dalam. Berdasarkan analisis menggunakan SEM, diperoleh morfologi ruang dalam pada PEG 6000 sebelum dan setelah penambahan uap etanol 90%. Pada Gambar 5 terlihat morfologi ruang dalam untuk sampel komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum penambahan uap etanol 90% dan pada Gambar 4.6 terlihat pula morfologi ruang dalam untuk sampel komposit polimer-karbon PEG 6000 setelah penambahan uap etanol 90%.



Gambar 5 Komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum penambahan uap etanol 90%; (a) pembesaran 250 kali, (b) pembesaran 2000 kali

Pada Gambar 5 ditunjukkan morfologi permukaan dari komposit polimer-karbon PEG 6000 sebelum penambahan uap etanol 90% dengan menggunakan pembesaran yang berbeda. Morfologi permukaannya dilihat dari sisi ruang dalam, dimana pada Gambar 5 (a) dengan pembesaran 250 kali terlihat jelas komposit polimer-karbon PEG 6000 menyebar dan tidak merata, sedangkan pada Gambar 5 (b) dengan menggunakan pembesaran 2000 kali terlihat dari sisi ruang dalam, matriks polimer rapat, tetapi tidak menyatu.



Gambar 6. Komposit polimer-karbon PEG 6000 setelah penambahan uap etanol 90%, (a) pembesaran 250 kali, (b) pembesaran 2000 kali

Pada Gambar 6 ditunjukkan morfologi ruang dalam dari komposit polimer-karbon PEG 6000 setelah penambahan uap etanol 90% dengan menggunakan pembesaran yang berbeda pula. Pada Gambar 6 (a) dengan pembesaran 250 kali terlihat morfologi ruang dalam dari matriks polimer menyatu dan memadat dengan baik. Hal yang sama juga terlihat pada Gambar 6 (b) dengan pembesaran 2000 kali, morfologi permukaan dari sisi ruang dalam terlihat longgar (terdapat kekosongan ruang). Hal ini dikarenakan adanya *swelling* atau efek mengembang dari komposit polimer-karbon jika terkena gas. Efek '*swelling*' atau mengembang ini sebanding lurus dengan konsentrasi gas yang dideteksi. Dengan efek mengembang ini memungkinkan perubahan luas permukaan polimer konduktif jika terkena gas.

## KESIMPULAN

Polimer yang umumnya bersifat isolator dapat diubah menjadi konduktor yaitu menjadi komposit polimer-karbon. Komposisi perbandingan yang cocok untuk komposit polimer-karbon, yaitu komposisi I dengan perbandingan PEG 6000 : karbon aktif : SLS = 1 : 1 : 1. Semakin besar nilai konduktivitas komposit polimer-karbon (sebelum penambahan uap etanol 90%), semakin baik untuk digunakan sebagai komposit polimer-karbon. Nilai konduktivitas masing-masing komposit polimer-karbon (sebelum penambahan uap Etanol 90%) yaitu untuk PEG 6000 sebesar 0,082 mho, PEG 1540 sebesar 0,04 mho, PEG 20 sebesar 0,081 mho, PEG

200 sebesar 0,049 mho, silicon DC sebesar 0,014 mho, dan squalane sebesar  $9,9 \times 10^{-3}$ . Oleh karena itu, komposit polimer-karbon yang mempunyai nilai konduktivitas paling besar (sebelum penambahan uap Etanol 90%) adalah PEG 6000.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bai, H. 2007, *Review: Gas Sensors Based on Conducting Polymer Sensors*. Vol: 7, Hal: 267-307.
- Bassler. 1986, *Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik*, edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Bruice, P. Y. 2001, *Organic Chemistry*, Prentice Hall International, Inc., New Jersey.
- Buchler, M.G. dan Ryan, M. A.(1997), *Temperature and Humidity Dependence of a Polymer-Based Gas Sensor*, Technical Publications of Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Proceedings of The International Society for Optical Engineering.
- Cowd, M.A. 1991, *Kimia Polimer*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Citra, D. A., 2009, *Studi Pendahuluan Pembuatan Komposit Polimer-Karbon Sebagai Sensor Gas Etanol 90%*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Daintith, John (Ed) , 1994, *Kamus Lengkap Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- Eckenfelder, W. 1981, *Application of Adsorption to Waste Water Treatment*, Enviro Press Inc., Nashville.
- Fox, M. A., dan Whitesell, J. K. 1997, *Core Organic Chemistry*, Jones and Bartlett Publishers, Massachusetts.
- Fraden, Jacob. 2003, *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Application*, 3th Edition, San Diego, California.
- Gedde, U. W. 1995, *Polymer Physics*, Chapman and Hall, London.
- Kroschwitz, J. 1990, *Polymer Characterization and Analysis*, John Wiley and Sons, Inc., Canada.
- Lange, U. 2008, *Conducting Polymers in Chemical Sensors and Arrays*, University of Regensburg, Germany.
- Lonergan, M. C., dkk. 1997, *Array-Based Vapor Sensing Using Chemically Sensitive, Carbon Black-Polymer Resistors*, Proceeding of The International Society for Optical Engineering.
- Narkanti, dkk. 1996, *Kimia Polimer*, Jurusan Kimia FMIPA-ITS, Surabaya.
- Odian, G. 1991, *Principle of Polymerization*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Rabek, J. F. 1980, *Experimental Methods in Polymer Chemistry*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Rivai M. 2007, *Pengaruh Principle Component Analysis Terhadap Tingkat Identifikasi Neural Network Pada Sistem Sensor Gas*, TELKOMNIKA Vol. 5, No. 3, 159 – 167.



- Rohaeti, E., dan Surdia, N. M. 2003, *Pengaruh Variasi Berat Molekul Polietilen Glikol Terhadap Sifat Mekanik Poliuretan*, Jurnal Matematika dan Sains Vol. 8 No. 2, hal 63 – 66.
- Sawyer, Clair N., dkk, 1994, *Chemistry for Environmental Engineering*, 4<sup>th</sup> edition, Mc Graw Hill Inc, New York
- Sharp, P. W. A. 1983, *Dictionary of Chemistry*, Penguin Books Ltd, England.
- Silverstain, R. M., dan Bassler, G. C. 1967, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, Second Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Stevens, M. P. 2001, *Kimia Polimer*, Edisi Pertama, Pradnya Paramita, **Jakarta**.